

文章编号: 1001-4888(2020)02-300-09

土体含水率与滑坡风险相关性实验研究^{*}

兰四清¹, 高坤², 雷能忠¹, 付跃东², 刘卫群^{1,2}

(1. 武夷学院 土木工程与建筑学院, 福建武夷山 354300; 2. 中国矿业大学 力学与土木工程学院, 江苏徐州 221116)

摘要: 降雨入渗容易造成边坡滑坡自然灾害, 含水率是影响土体抗剪强度的关键因素之一。本文以滑坡区红黏土为研究对象, 制作了 5 组不同含水率的土样, 并在不同垂直压力下快速剪切实验, 得到每组对应的剪切强度参数, 研究了含水率与剪切强度参数之间的关系。利用实验所得到的土工参数进行高地下水位边坡稳定性数值模拟, 拟合得到边坡坡顶含水率与边坡安全系数的关系。结果表明: 含水率从 10% 增加到 25%, 红黏土强度指标粘聚力、内摩擦角约分别下降 50% 和 30%; 含水率与粘聚力和内摩擦角间均呈半对数关系; 边坡坡顶含水率增加导致边坡安全系数近似成二次曲线下降趋势。

关键词: 含水率; 剪切强度参数; 边坡稳定性; 边坡安全系数

中图分类号: TU411

文献标识码: A

DOI: 10.7520/1001-4888-18-217

0 引言

我国是一个多山国家, 大量人口居住在山区, 很多重要的公路铁路穿越山岭地区, 自然产生和人工诱发的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害频发, 给人民生命和财产安全带来极大的危害。滑坡是边坡岩土体在地震、重力等作用影响下沿连续贯通的剪切破坏面发生的大规模滑移现象, 是地质灾害的主要类型之一。其中土壤中的水作用是滑坡的主要诱因之一, 研究含水率对边坡稳定性的影响对于边坡的安全管理和预防治理对策的提出有工程实际意义。

近年来, 国内外众多学者进行大量的滑坡实验, 其中相较于滑坡现场实验, 滑坡室内实验更加灵活, 可以更有效地调控相关的单因变量, 所以室内模型实验成为研究滑坡工作中的重要手段^[1-3]。王兴兴等^[4]以云南某重塑土为研究对象进行直剪实验, 结果表明土样的抗剪强度随含水量的增加呈现出有起有伏的抛物线状; 胡毅夫等^[5]通过一组正交实验, 研究了含水量对砂性土边坡稳定性的影响, 并得出 45° 砂性土边坡含水率大于 45% 时, 易发生滑坡灾害的结论; 胡忠全等^[6]以原状土为实验对象, 在改变含水量条件下做直剪实验以研究原状土含水量对剪切强度的影响, 并得出随着含水量的增大, 粘聚力和内摩擦角呈逐渐减小趋势的结论; Wang 等^[7]通过室内模拟实验, 发现没有渗漏和具有表面渗漏的土体的破坏模式是平行于原始倾斜表面的平移滑动面; Lumb^[8]研究了香港地区典型降雨诱发的滑坡, 分析了斜坡稳定性受降雨强度的影响, 结果表明, 边坡的稳定性受到降雨持续时间、暴雨的强度以及此次暴雨前一定时间范围内的累积雨水量的影响很大; Yang^[9]使用液压伺服振动台研究高含水量砂质黏土的双面斜坡失效模式和动态响应, 得出斜坡破坏模式为蠕滑滑坡。

土的抗剪强度受到很多因素的影响, 含水率就是其中很重要的一个影响因素, 除此之外, 土体的结构和土的密度都在影响土的抗剪强度。但是对于一个具体的工程结构而言, 土体的结构是固定的, 土体

^{*} 收稿日期: 2018-09-27; 修回日期: 2018-11-07

基金项目: 国家重点基础研究发展 973 计划项目(No. 2015CB251602), 江苏省自然科学基金项目(No. BK20141124)资助

通讯作者: 兰四清(1966—), 男, 副教授, 主要从事力学和岩土工程方面的教学与研究工作。Email: 1738385327@qq.com

的密度变化也很小,可以忽略不计,相比之下含水率的变化会非常明显。本实验将对土的含水率变化与边坡浅层土体参数的关系进行定量分析。

本文为了研究含水率对土体强度参数的影响,制订了实验方案,开展了5组共计40个样品的含水率、抗剪强度、密度实验。获得了10组不同含水率条件下粘聚力、内摩擦角和容重的试验数据,进而给出了含水率与粘聚力、内摩擦角的关系。

1 实验概况

1.1 实验方案设计

(1) 采取土样(图1)后先在电热烘箱中烘烤24小时,保证土样的含水率为零,然后采用预湿法制作出不同含水率的试样。

(2) 试样制作完成后,依次进行密度实验和直接剪切实验,测量出各含水率条件下土样的容重和不同压强下各个试件的抗剪强度。

(3) 通过实验可以获得土样含水率 ω 与其对应的容重 γ 、粘聚力 c 、内摩擦角 φ 等各项土体强度参数。具体实验所需仪器见表1。

表1 实验设计
Tab. 1 Experimental design

实验名称	所用主要仪器	测定参数
含水率实验	电热烘箱	含水率 ω
密度实验	环刀	密度 ρ
直接剪切实验	应变控制式直剪仪	粘聚力 c 、内摩擦角 φ



图1 土壤取样
Fig. 1 Soil sampling

1.2 实验步骤

(1) 从取样的土壤中先用环刀切出一块标准试样,在水中充分浸泡至完全饱和,测出此时试样的质量 m_1 。

(2) 将完全饱和的标准试样和全部土样放入电热烘箱中,在108℃的恒温下烘烤24小时,保证所有土样的含水量都为零,并测出完全烘干后标准试样的质量 m_0 。进而可以计算出土样完全饱和时所对应的含水率,之后配置的不同含水率必须小于完全饱和时的含水率。

(3) 将剩余土样全部碾磨成粉末,用筛子筛去其中较大粒径的杂质。

(4) 从粉末土样中称量5份土样,每份2kg,分别加入0.2kg、0.3kg、0.4kg、0.5kg、0.6kg的水,充分搅拌并静置一段时间使土样含水均匀,制成含水率分别为10%、15%、20%、25%、30%的土样。



图2 电动击实仪
Fig. 2 Electric compactor

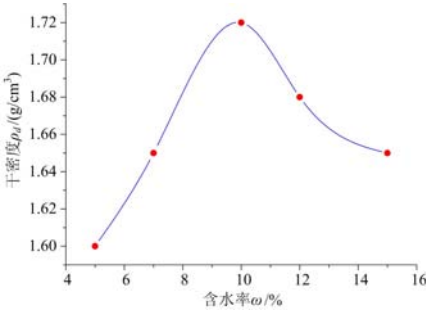


图3 击实曲线
Fig. 3 Compaction curve

(5) 将配置好的5份土样全部用轻型电动击实仪(图2)击实,并给出击实曲线(图3),求出最优含水率约为9%,然后用内侧涂抹凡士林的环刀从每份土样中切出10块标准试样,用修土刀将两端余土



图 4 应变控制式直剪仪

Fig. 4 Strain controlled
direct shear apparatus

修平,称量每块标准试样的质量进行密度实验。

(6) 本实验土样天然密度约为 $1.62\text{g}/\text{cm}^3$,对于地表 $0\sim 20\text{m}$ 土层垂直压力范围为 $0\sim 400\text{kPa}$,所以将每种不同含水率的 5 块标准试样分别在垂直压力为 50kPa 、 100kPa 、 200kPa 、 300kPa 、 400kPa 的情况下进行快速剪切实验,剪切速度为 $0.8\text{mm}/\text{min}$,记录每次剪切时测力计读数的峰值(图 4)。每种情况做两次取平均值。实验中发现含水率为 30% 的这一组由于含水率过高而无法顺利进行剪切实验,故数据处理中删去这一组。

2 实验数据处理

采用不排水快剪实验。快剪垂直压力采用 50kPa 、 100kPa 、 200kPa 、 300kPa 、 400kPa ,剪切速度为 $0.8\text{mm}/\text{min}$,记录测力计峰值读数 R ,按式(1)计算每一试件的剪应力。

$$\tau = K \times R \quad (1)$$

式中, τ 为试样所受的剪应力, kPa ; K 为测力计率定系数, $\text{kPa}/0.01\text{mm}$; R 为剪切时测力计的峰值读数与初读数之差值, 0.01mm 。

按式(1)计算得到各个含水率的试样在不同垂直压力作用下的剪应力峰值(即抗剪强度),数据列于表 2 中。

表 2 试样在不同垂直压力下的抗剪强度(单位: kPa)Tab. 2 Shear strength of samples at different vertical pressures (unit: kPa)

含水率 $\omega/\%$	10	15	20	25
垂直压力 P/kPa				
50	69.167	54.776	46.284	36.481
100	95.704	80.994	68.637	57.146
200	160.893	134.569	115.349	99.122
300	217.043	186.368	170.240	128.146
400	266.604	231.248	198.546	168.165

在计算出所有的抗剪强度之后,做抗剪强度与垂直压力的散点图并进行拟合,如图 5 所示,所拟合直线的倾斜角就是土样的内摩擦角 φ ,该直线与纵坐标的交点就是土样的粘聚力 c ,内摩擦角 φ 由拟合曲线斜率的反正切值推算求出。

将图 5 中的垂直压力与抗剪强度拟合曲线所得到的不同含水率条件下土体的粘聚力 c 和内摩擦角 φ 以及由密度实验求得的各含水率下的土体容重 γ 数据整理,列于表 3。

表 3 土体在不同含水率条件下的实验结果

Tab. 3 Experimental results of soils under different moisture content conditions

含水率 $\omega/\%$	粘聚力 c/kPa	内摩擦角 $\varphi/^\circ$	容重 $\gamma/(\text{kN}/\text{m}^3)$
10	41.55	29.81	18.22
15	30.82	26.95	18.59
20	25.22	24.24	18.98
25	20.04	20.32	19.66

从表 3 中大致可以看出含水率对土体强度参数的影响:粘聚力 $c >$ 内摩擦角 $\varphi >$ 容重 γ ,本文将在第 3 节中分析含水率对土体强度参数的定量关系。

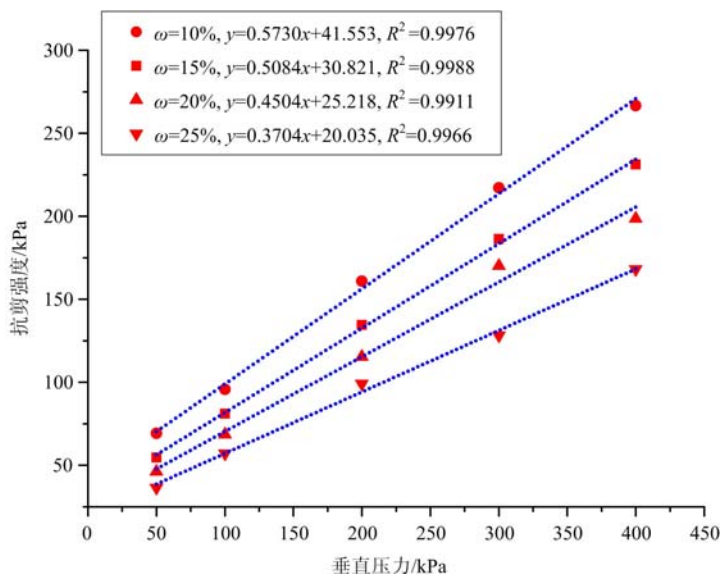


图5 不同含水率条件下抗剪强度与垂直压力拟合曲线

Fig. 5 Fitting curve of shear strength and vertical pressure

3 含水率与抗剪强度关系的关系

3.1 含水率与粘聚力 c 的拟合关系

在不同含水率的土体强度参数测定实验中,为了更加直观地表现含水率 ω 与粘聚力 c 的关系,本文绘制含水率 ω 与粘聚力 c 的关系曲线如图6所示。

由图6可以看出,随着含水率 ω 从10%到25%的递增,粘聚力 c 在逐渐降低。在本文实验中所取的含水率变化范围内,含水率与粘聚力之间的变化关系明确,并未出现许多文献中所说的先增加后减少的关系,这与所选取的土样的最佳含水率有关,本次实验所涉及的含水率范围比该土样的最佳含水率大,所以没有出现粘聚力 c 先增加后减少的现象。随着含水率 ω 的增加,粘聚力 c 从41.55 kPa 减少到 20.04 kPa,降低幅度达51.77%,可见土体含水率的变化对土体粘聚力的影响十分明显。

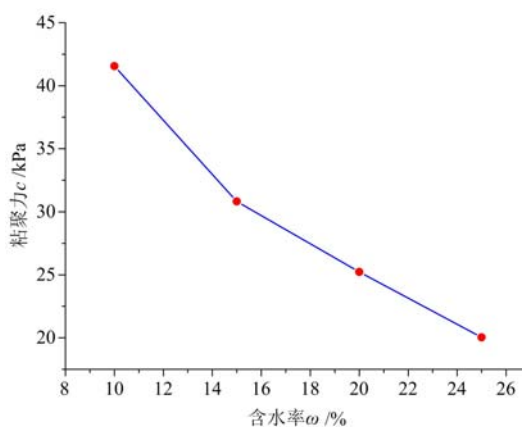
由文献[10]可以从原理上分析,粘聚力由两部分构成,一部分为真粘聚力,另一部分为表观粘聚力。真粘聚力是土体长期在地下受压形成的,大小一般不变;而表观粘聚力则是由基质吸力和负孔隙压力共同作用形成的。基质吸力和负孔隙压力的大小与土的含水率有关,所以表观粘聚力也受到含水率的影响。如果土的含水率变大,土的基质吸力则会变小,与之相关的表观粘聚力也跟着变小,由于真粘聚力不变,所以随着含水率变大,总粘聚力会变小。本实验中得出的变化规律与理论分析的变化情况一致,也间接证明了实验数据的可靠性。

查阅文献[11]可知,土体的含水率与粘聚力关系可以用数学公式表达,其中最常见的是用对数线性回归,本文依据 $\omega - \lg c$ 线性关系拟合,方程式见式(2),拟合关系见图7。

$$\lg c = A + B\omega \quad (2)$$

式中, A 、 B 为土样实验结果进行线性拟合的参数。

拟合结果, $A = 1.815$, $B = -0.0207$, 相关性系数 $R^2 = 0.9933$ 。含水率 ω 与粘聚力 c 的关系可表达

图6 含水率 ω 与粘聚力 c 的关系曲线Fig. 6 Curve of moisture content ω and cohesion c

为式(3):

$$\lg c = 1.815 - 0.0207\omega \quad (3)$$

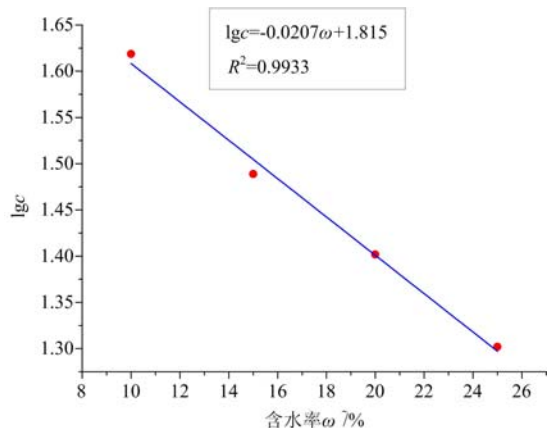


图 7 ω - $\lg c$ 线性回归分析

Fig. 7 Linear regression analysis of ω - $\lg c$

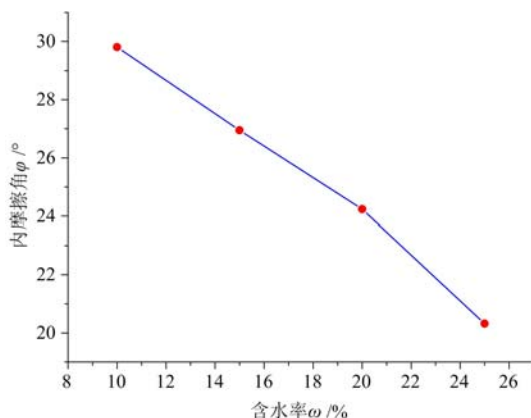


图 8 含水率 ω 与内摩擦角 φ 的关系曲线

Fig. 8 Curve of moisture content ω and internal friction angle φ

3.2 含水率 ω 与内摩擦角 φ 的拟合关系

3.1 节研究结果表明,含水率的变化对土体内摩擦角 φ 的影响较为明显,含水率 ω 与内摩擦角 φ 的关系如图 8 所示。

由图 8 可见,随含水率 ω 的递增进而与最优含水率 9% 的偏差逐渐增大,内摩擦角 φ 的总体呈逐渐降低趋势。含水率从 10% 递增到 25%,内摩擦角从 29.81° 下降到 20.32°,下降幅度达 31.83%。降低幅度相对于粘聚力的变化来说比较小,但是变化幅度同样很明显。

同样参考文献[10]中的原理分析,内摩擦角由有效压力和土颗粒间所产生的摩擦力而形成,内摩擦角由两部分构成,一部分为基本内摩擦角,另一部分为实际内摩擦角和基本内摩擦角的差值,即

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi \quad (4)$$

式中, φ_0 表示基本内摩擦角(°); $\Delta\varphi$ 表示实际内摩擦角和基本内摩擦角的差值(°)。

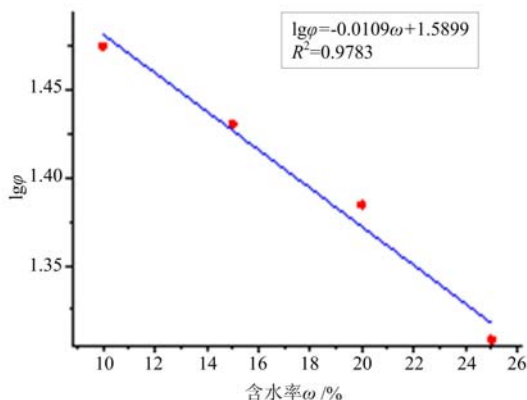


图 9 ω - $\lg \varphi$ 线性回归分析

Fig. 9 ω - $\lg \varphi$ linear regression analysis

φ_0 的大小与土的颗粒大小和级配相关,每一种固定的土壤, φ_0 的值是一定的; $\Delta\varphi$ 则随当前含水率与最优含水率的偏离程度大小而变化,当偏离程度增大时,土颗粒之间形成的结合水膜会随着变厚,导致水溶液中的电解质浓度降低,胶粒间距增大,土颗粒间连结强度降低,从而土颗粒之间的摩擦强度降低,在外部有效压力不变的情况下,内摩擦角相应减少。

为了能得出更加清楚的线性规律,参照相关文献^[12]的方法,我们同样对内摩擦角 φ 取对数,作 ω - $\lg \varphi$ 曲线,如图 9 所示,按照式(5)进行线性回归。

$$\lg \varphi = D + E\omega \quad (5)$$

式中, D 、 E 为对土样实验结果进行线性回归分析的回归参数。

由图 9 可知, $D=1.5899$, $E=-0.0109$,相关性系数 $R^2=0.9783$ 。含水率 ω 与内摩擦角 φ 的关系可表达为式(6):

$$\lg \varphi = 1.5899 - 0.0109\omega \quad (6)$$

4 高地下水位边坡强降雨条件下的稳定性分析

在第 3 节中已经讨论了红黏土含水率的变化对边坡土体强度参数的影响,而土体的强度参数是边坡结构的稳定性分析中重要的选取指标,由此可见边坡土体含水率对边坡稳定性分析的重要性。本节在文献[14]室内实验的基础上,通过 FLAC 3D 软件对某红黏土高地下水位边坡强降雨条件下对含水率等参赋值进而进行数值模拟,得到各降雨时间段的红黏土边坡位移云图及对应的边坡安全系数 F_s 。

4.1 土工参数与几何模型

影响边坡稳定分析计算结果的参数有很多,比如边坡的土体密度、泊松比、粘聚力、抗拉强度、弹性模量、内摩擦角等。参照胡海浪等^[13]对岩质边坡稳定参数敏感性的分析成果,在诸多因素中,弹性模量和泊松比以及抗拉强度对边坡稳定性的影响不明显,由表 3 可得本文实验中土体密度随含水率变化较小,所以本文主要研究含水率影响下的粘聚力与内摩擦角对边坡稳定性的影响。经查阅文献[14],给出室内边坡强降雨实验(降雨强度为 6mm/min)的边坡坡顶含水量与强降雨时间(降雨时间为 60min)的关系数据,再基于本文第 3 节给出的含水率与内摩擦角和粘聚力的拟合关系,求出红黏土边坡坡顶对应不同含水率的内摩擦角和粘聚力,具体数据见表 4。模拟初始条件为赋予水面半径 2 倍坡高的地下水位,物理模型和初始孔压云图见图 10 所示。

表 4 边坡模拟主要数值参数

Tab. 4 Main numerical parameters of slope simulation

降雨时间 /min	坡顶含水率 /%	坡顶土体内 摩擦角/ $^{\circ}$	坡顶土体 粘聚力/kPa	体积模量 /MPa	剪切模量 /MPa
15	21.5	22.67	23.43	13	4.3
30	38	14.98	10.67	13	4.3
45	40.5	14.07	9.47	13	4.3
60	42	13.55	8.82	13	4.3

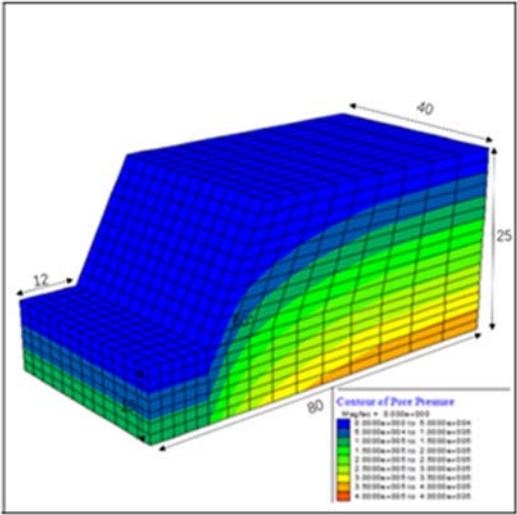


图 10 初始孔压云图与物理模型

Fig. 10 Initial pore pressure cloud map and physical model

4.2 降雨边坡稳定性计算结果与分析

采用本文实验测得的土工参数数据,依次用 FLAC 3D 软件进行数值模拟,随着降雨时间的推移,算出红黏土边坡坡顶含水率分别为 21.5%、38%、40.5%、42%时的边坡安全系数,绘制边坡位移云图以表示滑移面(如图 11 所示),并给出当边坡坡顶含水率分别为 21.5%、38%、40.5%、42%时,计算得到的边坡的安全系数分别为 3.01、2.15、1.86、1.61,均大于相关规范规定的安全储备值系数值 1.2,边

坡处于安全状态。若安全要求更加苛刻,则可以实施目前较为新型的虹吸排水法进行边坡排水工作,可明显降低边坡地下水位,提高边坡安全系数。相较于粘性土边坡,黄土或者沙性土边坡安全系数会更低,也更加需要注重排水工作。

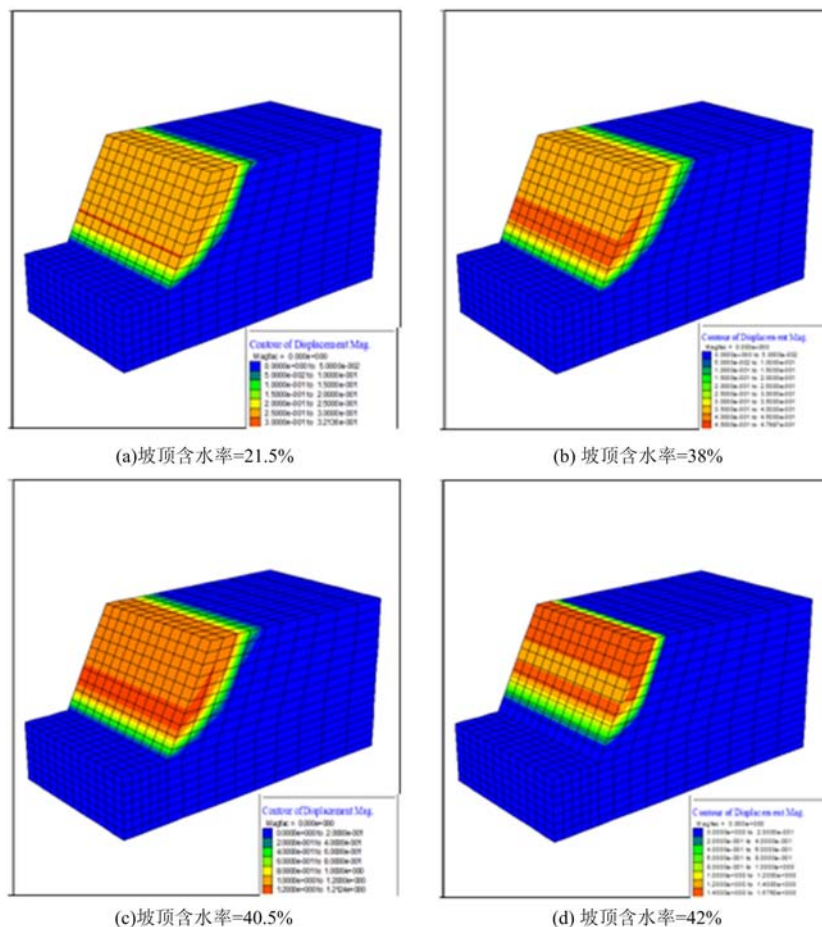


图 11 不同坡顶含水率的边坡位移云图

Fig. 11 Slope displacement cloud map of each slope top moisture content

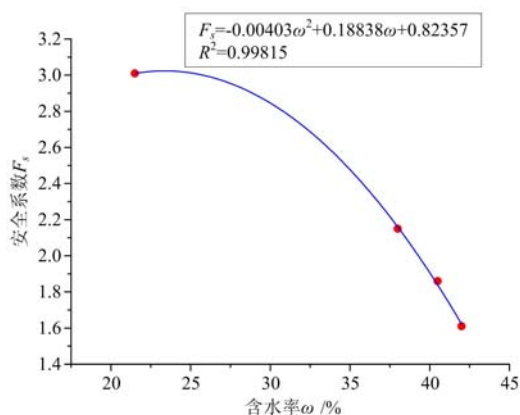


图 12 坡顶含水率与安全系数的拟合关系

Fig. 12 The fitting relationship between moisture content and safety factor of slope top

由拟合坡顶含水率与对应边坡安全系数的关系(图 12)可得,红黏土高地下水位边坡在强降雨条件下其稳定性随坡顶土体含水率的变化发生明显的变化,坡顶含水率与安全系数的拟合公式为 $F_s = -0.00403\omega^2 + 0.18838\omega + 0.82357$,由此拟合公式可以推算出当边坡坡顶土体的含水率小于 44% 时,安全系数 $F_s > 1.2$,符合相关规范的要求;当边坡坡顶土体的含水率大于 44% 时, $F_s < 1.2$,安全系数不能达到安全储备值,边坡处于不稳定状态,有发生滑坡灾害的危险。所以边坡管理人员在检测管理高地下水位边坡期间,可通过现场测得边坡坡顶易滑点的含水率,并对照含水率与安全系数的变化关系来获取边坡稳定性的情况。

当现场管理人员测得边坡关键点的含水率 $> 44\%$ 时,边坡的安全系数已经低于规范要求的安全储备值,须及时预警和进行下一步防治工作。

5 结论

本文在不同含水率条件下对土样进行不排水快速剪切实验,分析了含水率对边坡浅层土体剪切强度参数的影响,得出如下主要结论:

(1) 随着含水率 ω 从 10% 到 25% 的递增,粘聚力 c 从 41.55kPa 减少到 20.04kPa,降低幅度达 51.77%,可见土体含水率的变化对土体粘聚力的影响十分明显;含水率从 10% 递增到 25%,内摩擦角 φ 从 29.81° 下降到 20.32°,下降幅度达 31.83%;而含水率变化对容重影响的变化幅度不明显。所以,含水率对土体的强度参数的影响程度为:粘聚力 c > 内摩擦角 φ > 容重 γ 。

(2) 土样的含水率与其粘聚力、内摩擦角之间不是简单的线性关系,而是半对数关系。含水率与粘聚力半对数关系为: $\lg c = 1.815 - 0.0207\omega$; 含水率与内摩擦角半对数关系为: $\lg \varphi = 1.5899 - 0.0109\omega$ 。

(3) 坡顶含水率与安全系数的拟合关系为 $F_s = -0.00403\omega^2 + 0.18838\omega + 0.82357$,可以基于该式指导边坡安全管理与预测工作。

参考文献:

- [1] 王伟锋,耿赞,王青振,等. 降雨型与地震型滑坡试验研究[J]. 地震地质, 2012, 34(4):810—819 (WANG Weifeng, GENG Bin, WANG Qingzhen, et al. Research on simulation test of rainfall-induced landslide and seismic landslide[J]. Seismology and Geology, 2012, 34(4):810—819 (in Chinese))
- [2] 王玉峰,许强,程谦恭,等. 复杂三维地形条件下滑坡—碎屑流运动与堆积特征物理模拟实验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(9):1776—1791 (WANG Yufeng, XU Qiang, CHENG Qiangong, et al. Experimental study on the propagation and deposit features of rock avalanche along 3D complex topography[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2016, 35(9):1776—1791 (in Chinese))
- [3] 曹从伍,许强,彭大雷,等. 基于物理模拟实验的黑方台黄土滑坡破坏机理研究[J]. 水文地质工程地质, 2016, 43(4):72—77 (CAO Congwu, XU Qiang, PENG Dalei, et al. Research on the failure mechanism of the Heifangtai loess landslides based on the physical simulation experiments[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2016, 43(4):72—77 (in Chinese))
- [4] 王兴兴,侯克鹏,马开川. 非饱和土抗剪强度随含水量变化的试验研究[J]. 岩土工程技术, 2011, 25(6):278—280 (WANG Xingxing, HOU Kepeng, MA Kaichuan. Experimental study on shear strength of unsaturated soils with water content[J]. Geotechnical Engineering Technique, 2011, 25(6):278—280 (in Chinese))
- [5] 胡毅夫,谢小明,乌青松. 含水量对砂性土边坡稳定性的影响试验研究[J]. 武汉理工大学学报, 2013, 35(8):83—88 (HU Yifu, XIE Xiaoming, WU Qingsong. Experimental research on the influence of water capacity on sand-soil slope stability[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2013, 35(8):83—88 (in Chinese))
- [6] 胡忠全,俞宵丽. 含水量变化对原状土剪切强度的影响[J]. 土工基础, 2015, 29(3):159—160 (HU Zhongquan, YU Xiaoli. Influence of moisture changes on the shear strength of undisturbed soils[J]. Soil Engineering and Foundation, 2015, 29(3):159—160 (in Chinese))
- [7] Wang L, Shi P, Tian H, et al. Stability analysis and charts for borrowed soil in ecological slope engineering[J]. Indian Geotechnical Journal, 2016, 46(4):1—12.
- [8] Lumb P. Slope failures in Hong Kong[J]. Quarterly Journal of Engineering Geology, 1975, 8(1):31—65.
- [9] Yang B, Gao F P, Jeng D S. Failure mode and dynamic response of a double-sided slope with high water content of soil[J]. Journal of Mountain Science, 2018, 15(4):859—870.
- [10] 赵海芳. 含水量对边坡结构安全指标的影响分析及其数值仿真模拟[D]. 内蒙古工业大学, 2007 (ZHAO Haifang. Analysis for slope structure from water content to its structural safety index and slope structure numerical simulation[D]. Inner Mongolia University of Technology, 2007 (in Chinese))
- [11] 边加敏,王保田. 含水量对非饱和土抗剪强度参数的影响研究[J]. 地下空间与工程学报, 2011(1):17—21, 43 (BIAN Jiamin, WANG Baotian. Research on influence of water contents on the shear strength behavior of unsaturated soils[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2011(1):17—21, 43 (in Chinese))
- [12] 王丽. 含水量对土体强度的影响[J]. 内蒙古科技与经济, 2015(13):99—100 (WANG Li. Influence of water content on soil strength[J]. Inner Mongolia Science Technology & Economy, 2015(13):99—100 (in Chinese))

- [13] 胡海浪, 黄秋枫, 李建林. 岩质边坡稳定性影响因素敏感性分析[J]. 西北水电, 2008(5):7-10 (HU Hailang, HUANG Qiufeng, LI Jianlin. Sensitivity analysis of stability influence factors of rocky slope[J]. Northwest Hydropower, 2008(5):7-10 (in Chinese))
- [14] 刘子振. 持续降雨入渗非饱和黏土边坡失稳机理及其应用研究[D]. 兰州大学, 2014 (LIU Zizhen. Instability mechanism and application analysis of partially saturated clay slope under sustained rainfall infiltration [D]. Lanzhou University, 2014 (in Chinese))

Experimental study on correlation between soil moisture content and landslide risk

LAN Si-qing¹, GAO Kun², LEI Neng-zhong¹, FU Yue-dong², LIU Wei-qun^{1,2}

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Wuyi University, Wuyishan 354300, Fujian, China;

2. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu, China)

Abstract: Rainfall infiltration is easy to cause natural disasters in slope landslides, and moisture content is one of the key factors affecting the shear strength of soils. In this paper, five groups of red clay samples in landslide area with different moisture contents are prepared. Under different vertical pressures, we have carried out rapid shearing tests and obtained corresponding shear strength parameters for each group. In the meantime, the relationship between moisture content and shear strength is studied. Based on the geotechnical parameters obtained from the experiments, we have numerically simulated the stability of the high groundwater level slope, and obtained the relationship between the moisture content and the safety factor. The result shows that as the moisture content increases from 10% to 25%, the cohesion and internal friction angle of the red clay strength index decrease by about 50% and 30%, respectively. The moisture content has a semi-logarithmic relationship with the cohesion and internal friction angle. Moreover, the increase in moisture content leads to a quadratic curve decline in the safety factor of the high groundwater level slope.

Keywords: moisture content; shear strength parameters; slope stability; slope safety factor